

## Schiffsantrieb

Die vorliegende Erfindung liegt auf dem Gebiet der Antriebe von Wasserfahrzeugen und betrifft einen Schiffsantrieb.

Wie in sämtlichen Bereichen der Technik ist man auch im Schiffsbau bemüht, den Wirkungsgrad eines Schiffsantriebes zu verbessern. Darüber hinaus besteht ein zunehmendes Bedürfnis, schnelle Schiffe insbesondere für die Binnenschifffahrt bereitzustellen, die bei schneller Fahrt eine möglichst geringe Wellenbildung verursachen. Es hat sich gezeigt, dass am Ufer aufschlagende Wellen nicht nur die Uferbefestigung dauerhaft beeinträchtigen, sondern auch am Ufer befindliche Biotope schädigen und insbesondere das Brutverhalten von in ufernahen Bereichen brütenden Vögeln stören.

Darüber hinaus besteht insbesondere in der Binnenschifffahrt das Problem, die Verunreinigung durch Schmierstoffe zu vermeiden, die zur Schmierung von drehenden Teilen eines Schiffsantriebes erforderlich sind, von dort jedoch ins Wasser gelangen können, sofern diese Teile beim Betrieb des Schiffsantriebes unterhalb der Wasseroberfläche liegen. Dieses Problem besteht bei nahezu allen bekannten motorisch angetriebenen Schiffsantrieben.

Der vorliegenden Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, einen Schiffsantrieb mit gutem Wirkungsgrad anzugeben, der auch den obigen Problemen Rechnung trägt.

Zur Lösung des obigen Problems wird gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Schiffsantrieb mit einer zumindest teilweise in das Wasser eintauchenden Vortriebseinrichtung, die um wenigstens eine sich im wesentlichen senkrecht zur Vortriebsrichtung erstreckende Drehachse umläuft, und mit einer die Vortriebseinrichtung teilweise umgebenden Abdeckung vorgeschlagen, die mit der Vortriebseinrichtung einen beim Betrieb der Vortriebseinrichtung das Wasser fördernden Strömungskanal ausbildet.

Beim dem erfindungsgemäßen Schiffsantrieb ist eine Vortriebseinrichtung, beispielsweise ein drehbar angetriebenes Rad oder aber ein angetrieben umlaufendes Band vorgesehen. Diese umlaufende Vortriebseinrichtung ist an ihrer äußeren Umfangsfläche von einer Abdeckung umgeben. Die Abdeckung umgibt die Vortriebseinrichtung jedoch nicht voll umfänglich. Vielmehr kommt die Vortriebseinrichtung unterhalb der Wasserlinie des anzutreibenden Schiffs direkt mit dem umgebenden Wasser in Berührung. Der Abstand zwischen der Abdeckung und der Vortriebseinrichtung ist bei dem erfindungsgemäßen Schiffsantrieb derart gewählt, dass beim Betrieb der Vortriebseinrichtung das Schiff umgebendes Wasser von der Vortriebseinrichtung in den Spalt zwischen der Stirnseite der Vortriebseinrichtung und der Abdeckung unter Verdrängung von Luft aus dem Spalt gefördert wird, zumindest für den Fall, der – wie nachfolgend noch ausführlicher dargelegt wird – als bevorzugte Ausführungsform anzusehen ist und bei der die Abdeckung unabhängig vom Ladezustand eines Schiffes bis unter die Wasserlinie reicht und die Oberkante der Abdeckung unabhängig vom Ladezustand des Schiffes oberhalb der Wasserlinie angeordnet ist, mit anderen Worten vor dem Betrieb der Vortriebseinrichtung zwischen der Umfangsfläche der Vortriebseinrichtung und der Abdeckung zumindest auch Luft ist.

Beim Betrieb der Vortriebseinrichtung wird das von der Vortriebseinrichtung in den Spalt zwischen der Stirnseite der Vortriebseinrichtung und der Abdeckung verschlepptes Wasser in Umlaufrichtung mit der Vortriebseinrichtung mitgeschleppt. Somit bildet sich beim Betrieb der Vortriebseinrichtung in dem Spalt ein Strömungskanal aus, in dem das Wasser mit dem Drehsinn der Vortriebseinrichtung gefördert wird.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung wurde von dem Erfinder hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit in einem Pfahlzugversuch bewertet. Bei einem derartigen Versuch wird das Schiff bzw. ein Modell unter Zwischenschaltung einer Kraftmessdose an einem Pfahl befestigt und es wird die Zugkraft pro Leistungseinheit ermittelt. Bei herkömmlichen Propellern, die gemeinhin auch als Schiffsschrauben bezeichnet werden, kann in einem derartigen Pfahlzugversuch eine Leistungsausbeute von etwa 0,023 kg/W ermittelt werden. Demgegenüber zeigte sich mit dem erfindungsgemäßen Schiffsantrieb eine maximale Leistung von 0,054 kg/W. Die maximale Leistung wurde mit dem erfindungsgemäßen Schiffsantrieb dann erreicht, wenn der Strömungskanal mit

Wasser gefüllt war. Der erfindungsgemäße Schiffsantrieb bietet danach gegenüber den vorbekannten Schiffsantrieben einen wesentlich höheren Wirkungsgrad.

Darüber hinaus haben praktische Versuche gezeigt, dass bei gleicher Fahrleistung, d.h. gleicher Geschwindigkeit des Schiffsmodells, mit dem erfindungsgemäßen Schiffsantrieb eine wesentlich geringere Heckwelle entwickelt wurde als mit herkömmlichem Propellerantrieb, was der Anforderung nach geringerer Wellenbildung, insbesondere bei Binnenschiffen Rechnung trägt. Der erfindungsgemäße Schiffsantrieb lässt sich aber nicht nur bei Binnenschiffen wirkungsvoll einsetzen.

Wenngleich bei dem erfindungsgemäßen Schiffsantrieb beispielsweise eine bandförmig umlaufende Vortriebseinrichtung, die entweder auf einer Kreisbahn oder aber nach Art einer Panzerkette mit zwei gegenüberliegenden Linearabschnitten und zwei gegenüberliegenden Halbkreisabschnitten umlaufen kann, vorgesehen sein kann, die sowohl außerhalb als auch innerhalb mit Abstand zu einer Gehäusewandung in einem wasserführenden Kanal angeordnet ist, wird zur konstruktiven Vereinfachung des Schiffsantriebs vorgeschlagen, die Antriebseinrichtung mit einer umfänglich geschlossenen Umfangsfläche auszubilden. In diesem Fall befindet sich in Vortriebsrichtung umlaufendes Wasser in radialer Richtung der Vortriebseinrichtung ausschließlich zwischen derer äußerer Umfangsfläche und der Abdeckung.

Ein möglichst rascher Aufbau eines das Wasser in entgegengesetzter Richtung zur Vortriebsrichtung fördernden Strömungskanals nach Anlaufen der Vortriebseinrichtung wird dadurch erzielt, dass der Strömungskanal seitlich eng begrenzt ist. Hierzu kann die Vortriebseinrichtung an ihrer Umfangsfläche eine entsprechende Profilierung aufweisen. Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung wird jedoch zur Vereinfachung der konstruktiven Ausgestaltung des Schiffsantriebes vorgeschlagen, die Umfangsfläche der Vortriebseinrichtung seitlich durch die Umfangsfläche überragende, nahezu bis zur Abdeckung reichende Begrenzungselemente einzufassen. Diese Begrenzungselemente können entweder gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wie die Abdeckung ortsfest, beispielsweise unmittelbar an dem Schiffsrumpf oder zumindest ortsfest relativ zu dem Schiffsrumpf angeordnet sein. Alternativ wird vorgeschlagen, die Begrenzungselemente mit der umlaufenden Vortriebseinrichtung zu

verbinden.

Es hat sich zur Befüllung des Strömungskanals beim Anfahren der Vortriebseinrichtung und auch im Hinblick auf den Wirkungsgrad als vorteilhaft erwiesen, an der äußeren Umfangsfläche der Vortriebseinrichtung mehrere Zähne hintereinander anzuordnen.

Diese Zähne sollen so ausgestaltet sein, dass sie das Verschleppen von Umgebungswasser in den Spalt zwischen der Stirnseite der Vortriebseinrichtung und der Abdeckung fördern. Mit der Zahngeometrie kann die Wirksamkeit des Schiffsantriebes bei unterschiedlichen Drehrichtungen beeinflusst werden. Wird beispielsweise der erfindungsgemäße Schiffsantrieb als Querantrieb zur Manövrierung in einem Schiff eingesetzt, und kommt es demnach darauf an, in beiden Drehrichtungen der Vortriebseinrichtung den gleichen Wirkungsgrad zu erzielen, so werden vorzugsweise Zähne mit identisch ausgebildeten Vorder- und Hinterflanken an der Umfangsfläche der Vortriebseinrichtung angeordnet.

Bei einem Schiffsantrieb mit einer als Vortriebsrichtung bevorzugten Drehrichtung ist die an der äußeren Umfangsfläche der Vortriebseinrichtung ausgebildete Verzahnung vorzugsweise sägezahnartig ausgebildet, d.h. die Vorder- und die Hinterflanke der Zähne haben unterschiedliche Neigung. Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, die vorlaufende, radial nach außen auf die Zahnschnecke gerichtete Vorderflanke mit einer geringeren Neigung auszubilden, als die sich an diese hinter der Zahnschnecke anschließende und von dort radial nach innen gerichtete Hinterflanke. Die Hinterflanke kann sogar einen streng radial nach innen gerichteten Verlauf haben, d.h. nicht zu der Umfangsfläche beitragen. Anders verhält es sich bei der Vorderflanke. Durch deren rampenförmigen Verlauf soll insbesondere bei einer drehenden Vortriebsrichtung das umgebende Wasser in den Spalt zwischen der Abdeckung und der Umfangsfläche der Vortriebseinrichtung gepresst werden. Die rampenförmige Neigung der Vorderflanke führt dementsprechend dazu, dass sich beim Anlaufen der Vortriebseinrichtung relativ zügig die Strömung in dem Strömungskanal ausbildet.

Es hat sich weiterhin in praktischen Versuchen als vorteilhaft herausgestellt, die Zahnschnecke der Zähne in axialer Richtung gekrümmt auszubilden, wie dies gemäß einer

bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen wird.

Im übrigen hat es sich auch als vorteilhaft erwiesen, die Vorderflanke und/oder die Hinterflanke der Zähne in axialer Richtung gekrümmt auszubilden. Schließlich ist es zu bevorzugen, die Vorder- und/oder Hinterflanke der Zähne in Umfangsrichtung konvex gekrümmt auszubilden, wobei eine Kombination der beiden vorerwähnten bevorzugten Maßnahmen, d.h. eine sphärische Ausgestaltung der Vorder- und/oder der Hinterflanke im Hinblick auf den Wirkungsgrad des Schiffsantriebes und auch im Hinblick auf die Vermeidung von Wellen als vorteilhaft angesehen wird.

Wie bereits vorstehend dargelegt, ist es im Hinblick auf das Anfahrverhalten gängiger Motoren für den Schiffsantrieb zu bevorzugen, den oberen Rand der Abdeckung über der Wasserlinie des Schiffes anzuordnen und das vorderer und/oder hintere Ende der Abdeckung bis unter die Wasserlinie ragen zu lassen. Bei einer derartigen Ausgestaltung befindet sich im Ruhezustand des Schiffsantriebes in dem Spalt zwischen der Vortriebseinrichtung und der Abdeckung auch Luft, die beim Anfahren der Vortriebseinrichtung zunächst durch in den Spalt mitgenommenes Wasser verdrängt wird. Solange jedoch Luft in dem Strömungskanal befindlich ist, setzt die Vortriebseinrichtung der Drehung einen verhältnismäßig geringen Widerstand entgegen, was dem geringen Anfahrmoment der gängigen Motoren zu Schiffsantrieben entgegenkommt.

Es hat sich im Hinblick auf den Wirkungsgrad als vorteilhaft erwiesen, die in dem Spalt zwischen der Vortriebseinrichtung und der Abdeckung eingezogene Wassermasse mit relativ großem horizontalen Geschwindigkeitsanteil in den Spalt einzuziehen bzw. aus den Spalt heraus zu fördern. Andererseits sollte ein gewisser Umfangsabschnitt um die Vortriebseinrichtung frei mit dem umgebenden Wasser kommunizieren können. Es hat sich herausgestellt, dass ein Umschlingungswinkel der Abdeckung um die Vortriebseinrichtung von etwa 200 bis 270° zu bevorzugen ist. Auch wird gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen, das den Einlass des Strömungskanals bildende Ende der Abdeckung mit einer nach vorne gerichteten Krümmung auszubilden und/oder das den Auslass des Strömungskanals bildende Ende der Abdeckung mit einer nach hinten gerichteten Krümmung vorzusehen. Im Hinblick auf

einen guten Wirkungsgrad hat es sich ferner als vorteilhaft erwiesen, zwischen der Vortriebseinrichtung und der Abdeckung einen minimalen Spalt von 2 bis 10%, vorzugsweise 3 bis 6% des Durchmessers der umlaufenden Vortriebseinrichtung vorzusehen. Der minimale Spalt in dem vorgenannten Sinn ist bei der vorerwähnten bevorzugten Ausgestaltung mit Zähnen, deren Zahnspitzen in axialer Richtung konvex gekrümmt sind, dort gegeben, wo der Abstand zwischen der Zahnspitze und der Abdeckung am geringsten ist. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die Abdeckung zur Erreichung eines guten Wirkungsgrades vorzugsweise gegenüberliegend der Umfangsfläche der Vortriebseinrichtung relativ einfach, vorzugsweise in axialer Richtung eben ausgebildet sein kann. Bei einem Rad als Vortriebseinrichtung hat die Abdeckung somit eine zylinderförmige, jedoch in einem Umfangsabschnitt offene Ausgestaltung.

Im Hinblick auf eine möglichst effektive Steuerung eines mit dem Schiffsantrieb versehenen Schiffes ist es weiterhin zu bevorzugen, die Vortriebseinrichtung senkrecht zu ihrer Drehachse um eine Steuerachse drehbar gelagert anzuordnen und ferner eine die Drehung der Vortriebseinrichtung um die Steuerachse steuernde Steuereinrichtung vorzusehen. Bei dieser bevorzugten Ausgestaltung kann die Fahrtrichtung durch Drehung der Vortriebseinrichtung um die Steuerachse beeinflusst werden, ohne dass an dem Schiff zusätzlich ein Ruder angeordnet werden muss. Darüber hinaus kann durch entsprechende Drehung der Vortriebseinrichtung sowohl bei Rückwärtsfahrt als auch bei Vorwärtsfahrt der maximale Wirkungsgrad der Vortriebseinrichtung genutzt werden.

Im Hinblick auf eine gute und einfache Abdichtung der Vortriebseinrichtung und gegebenenfalls eines relativ nah an der Vortriebseinrichtung angeordneten Antriebsmotors ist es zu bevorzugen, die Vortriebseinrichtung zusammen mit der Abdeckung auf einer von der Vortriebseinrichtung durchragten Lagerplatte anzuordnen, die wiederum oberseitig durch eine Haube abgedichtet ist. Die Haube umschließt dementsprechend zumindest die Vortriebseinrichtung, nicht aber einen eventuellen Motor und geschmierte Lagerungen oder dergleichen. Innerhalb der Haube und im Bereich der Vortriebseinrichtung befindet sich beim Betrieb des Schiffsantriebes mitunter Wasser. Hier befinden sich jedoch keine solchen Teile, die mit Schmiermittel geschmiert werden, so dass auch innerhalb der Haube kein Schmiermittel an das umgebende

Wasser abgegeben werden kann.

Bei dieser bevorzugten Weiterbildung ist die Lagerplatte in einem drehbar in dem Schiffsrumpf gelagerten, bodenseitig offenen und von der Vortriebseinrichtung durchragten Topf aufgenommen, wobei zwischen der Lagerplatte und dem Topf eine Dichtung vorgesehen ist. Diese Dichtung kann beispielsweise durch einen Faltenbalg gebildet sein. Bei dieser Ausgestaltung kommt umgebendes Wasser lediglich an die Unterseite des Topfes und die Unterseite der Abdeckplatte sowie in den von der Haube abgedichteten Bereich. Eine Verschmutzung des Wassers mit Schmiermittel durch Kontakt mit geschmierten Bauteilen lässt sich somit vermeiden, beispielsweise wenn sämtliche Lagerteile einer Antriebswelle oder Drehachse von der Haube gegenüber dem Wasser abgedichtet werden.

Die vorerwähnte bevorzugte Ausgestaltung wird dadurch in bevorzugter Weise weitergebildet, dass die Haube die Abdeckung ausbildet. In diesem Fall dient der in radialer Richtung die Vortriebseinrichtung umgebende Abschnitt der Haube gleichzeitig als Abdeckung zur Begrenzung des umfänglich die Vortriebseinrichtung umgebenden Spaltes.

Zur Kompensation von Kreiselkräften bei der Drehung der Vortriebseinrichtung in voller Fahrt ist es weiterhin zu bevorzugen, die Lagerplatte verschwenkbar an dem Topf anzuordnen, und zwar unter Zwischenschaltung wenigstens eines Neigungsdämpfers. Die beim Verschwenken der Vortriebseinrichtung um die Steuerachse entstehenden Kreiselkräfte können somit durch ein gewisses Verschwenken der Lagerplatte gegen den Widerstand des Neigungsdämpfers abgefangen werden und übertragen sich nicht unmittelbar auf den Schiffsrumpf.

Das Verhalten des erfindungsgemäßen Schiffsantriebes lässt sich gemäß einer bevorzugten Weiterbildung dadurch steuern, dass eine Spalteinstelleinrichtung vorgesehen ist, die den Abstand zwischen der Vortriebseinrichtung und der Abdeckung verstellt. Durch diese Spalteinstelleinrichtung kann bei dem erfindungsgemäßen Schiffsantrieb die Höhe des Strömungskanals verändert werden, um beispielsweise die Menge des in dem Strömungskanal umlaufenden Wassers bei konstanter Motordrehzahl

(Betriebspunkt des Antriebsmotors) zu beeinflussen. Mithin kann die Wellenausbildung am Heck des Schiffes verändert werden, ohne dass eine Änderung des Betriebspunktes des Antriebsmotors erforderlich ist.

Zur Anpassung des Schiffsantriebes an unterschiedliche tiefe Fahrrinnen, insbesondere bei der Binnenschifffahrt wird gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen, eine die Antriebseinrichtung zusammen mit der Abdeckung höhenverstellende Eintauchtiefenverstelleinrichtung vorzusehen. Durch diese Verstelleinrichtung kann die Eintauchtiefe der Antriebseinrichtung in das umgebende Wasser beeinflusst werden, ohne dass gleichzeitig auch der den Strömungskanal ausbildende Spalt verändert wird. Eine derartige Eintauchtiefenverstelleinrichtung ist insbesondere dann zu bevorzugen, wenn die Antriebseinrichtung die Unterseite des Schiffsrumpfes überragt. Insbesondere für den Antrieb von Schiffen in sehr seichten Gewässern oder solchen Schiffen, die mit dem Tiedenhub trocken fallen, deren Antrieb jedoch dabei nicht Schaden nehmen soll, ist es durchaus denkbar, die Antriebseinrichtung auch derart vorzusehen, dass sich die Drehachse in vertikaler Richtung erstreckt, d.h. die Vortriebseinrichtung die Bordwand durchragt.

Bei der üblichen Anordnung der Vortriebseinrichtung an der Unterseite des Schiffsrumpfes ist es im Hinblick auf einen möglichst guten Auftrieb des Schiffes insbesondere bei schnell fahrenden Vollgleitern zu bevorzugen, an den Stirnseiten der Vortriebseinrichtungen jeweils wenigstens einen, vorzugsweise sich in axialer Richtung der Drehachse von der Vortriebseinrichtung verjüngenden Auftriebskörper vorzusehen. Ein sich derart verjüngender Auftriebskörper schließt sich vorzugsweise unmittelbar an die Stirnseite der Vortriebseinrichtung an und hat in diesem Bereich einen etwa den Durchmesser der Vortriebseinrichtung entsprechenden Durchmesser. Aus strömungsdynamischen Gründen verjüngt sich der Durchmesser in axialer Richtung der Drehachse, wobei der Auftriebskörper vorzugsweise kegelförmig mit einer benachbart zu der Vortriebseinrichtung zunächst konvex gekrümmten und anschließend geraden oder aber konkav gekrümmten Außenfläche ausgebildet ist. Ein derart ausgebildeter Auftriebskörper, der vorzugsweise als verschlossener Hohlkörper ausgebildet ist, bewirkt aber nicht nur einen verbesserten Auftrieb des Schiffes, sondern hebt aufgrund des gegen den Auftriebskörper wirkenden Staudruckes bei einer Fahrt das Schiff zusätzlich



an. Zur Vermeidung von Reibungsverlusten zwischen dem anströmenden Wasser und dem Auftriebskörper und somit zur Erhöhung des Wirkungsgrades ist es weiterhin zu bevorzugen, den Auftriebskörper frei drehbar auf der Drehachse bzw. Antriebswelle der Vortriebseinrichtung zu lagern.

Es hat sich insbesondere bei schnell fahrenden Vollgleitern als vorteilhaft erwiesen, an dem radial äußeren Ende der Vortriebseinrichtung eine mit der Vortriebseinrichtung verbundene, die Vortriebseinrichtung pilzkopfförmig überdeckende und den Auftriebskörper zumindest teilweise umfänglich überragende Verdickung vorzusehen. Es hat sich nämlich gezeigt, dass aufgrund des hohen Wirkungsgrades des erfindungsgemäßen Schiffsantriebes durchaus als Gleiter ausgebildete Schiffe unterstützt durch die Auftriebswirkung der Auftriebskörper so weit bei voller Fahrt aus dem Wasser gehoben werden können, dass diese im wesentlichen lediglich über die pilzkopfförmigen Verdickungen mit dem Wasser in Kontakt stehen. Vorzugsweise sind die erfindungsgemäßen Schiffsantriebe hierfür zu jeweils zwei Antrieben vorne am Schiff und zwei Antrieben hinten am Schiff angeordnet sind. In diesem Fall bilden die insgesamt vier Vortriebseinrichtungen bei voller Fahrt gleichzeitig die Antriebe, wie auch diejenigen Teile aus, die beispielsweise bei einem Tragflügelboot die Last des Schiffes auf das Wasser aufbringen. Im Hinblick darauf ist es zu bevorzugen, die pilzkopfförmige Verdickung möglichst strömungsgünstig, mit ihrer äußeren Umfangsfläche vorzugsweise die äußere Umfangsfläche des Auftriebskörpers kontinuierlich fortsetzend auszubilden.

Zur Lösung des obigen Problems wird gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung der gattungsbildende Schiffsantrieb derart weitergebildet, dass die vorlaufende und die nachlaufende Flanke jedes der an dem Vortriebsrad ausgebildeten Zähne eine sphärische, konvexe Oberfläche aufweisen, dass bis die Zahnspitze eines jeden Zahnes in axialer Richtung konvex gekrümmt ist und dass der Ausgangspunkt der Krümmungsradien der sphärischen Oberflächen und der Kontur der Zahnspitze in einer sich orthogonal zur Drehachse des Zahnrades erstreckenden Ebene liegen, die auch den Mittelpunkt des Vortriebsrades in axialer Richtung enthält. Es hat sich überraschenderweise herausgestellt, dass eine derart geformte Oberfläche der Vortriebseinrichtung zu recht hohen Wirkungsgraden führt. So hat sich bei einem Pfahlzugversuch gezeigt, dass mit dem erfindungsgemäßen Schiffsantrieb eine Zugkraft

von 42 kg/kW Motorleistung zu erzielen ist, wohingegen der entsprechende Wert für einen üblichen Propeller bei zwischen 13 und 15 kg/kW liegt.

Die relativ hohen Wirkungsgrade des erfindungsgemäßen Schiffsantriebes liegen in der besonderen Ausgestaltung der auf der Außenumfangsfläche des Vortriebrades ausgeformten Zähne begründet. Bei diesen Zähnen sind in Umfangsrichtung die vorlaufenden und nachlaufenden Flanken sphärisch konvex ausgeformt. Als vorlaufende Flanke wird diejenige Flanke eines Zahnes angesehen, welche bei einer Drehung des Vortriebrades in Hauptvortriebsrichtung die vordere Flanke eines Zahnes bildet, während die nachlaufende Flanke bei einer Drehung in Hauptvortriebsrichtung die hintere Flanke des entsprechenden Zahnes ist.

Das nach dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ausgebildete Vortriebsrad zeichnet sich ferner dadurch gegenüber dem Stand der Technik aus, dass die Zahnspitze eines jeden Zahnes in axialer Richtung konvex gekrümmt ist. Schließlich liegen die Ausgangspunkte der Krümmungsradien der sphärischen Oberflächen der Flanken sowie der Kontur der Zahnspitze in einer sich orthogonal zur Drehachse des Zahnrades erstreckende Ebene. Diese Ebene umfasst auch den Mittelpunkt des Vortriebrades in axialer Richtung, was bedeutet, dass die Flankenflächen wie Flächen eines Kugelsegmentes an der äußeren Umfangsfläche des Vortriebrades vorgesehen sind, wobei der in axialer Richtung der Oberfläche der Kugelsegmente liegende höchste Punkt jeweils auf der Mitte des Vortriebrades befindlich ist. Das gleiche Erfordernis wird gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung für die Kontur der Zahnspitze aufgestellt. Auch diese ist symmetrisch zu der axialen Mitte des Vortriebrades ausgebildet. Die Stirnseiten des Vortriebrades können aus Gründen einer einfachen Konstruktion eben ausgeformt sein. Alternative Ausgestaltungen, wie sie beispielsweise aus dem gattungsbildenden Stand der Technik bekannt sind, dessen Offenbarung durch die Bezugnahme in die vorliegende Anmeldung einbezogen wird, sind gleichfalls möglich.

Bevorzugte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Schiffsantriebes gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung sind in den Unteransprüchen 2 bis 8 angegeben.

Mit ihrem dritten Aspekt schlägt die vorliegende Erfindung Lösungen des obigen Problems vor, den gattungsbildenden Schiffsantrieb dadurch weiterzubilden, dass Zwickelkanäle, die zwischen benachbarten Zähnen des Vortriebsrades auf dessen Umfangsfläche ausgebildet sind, sich axial nach außen öffnen. Die Zwickelkanäle, die sich axialer Richtung auf der Umfangsfläche des Vortriebsrades und im Wesentlichen über dem Zahngrund erstrecken, kommunizieren dementsprechend mit einem Abstandsraum, der zwischen dem Vortriebsrad und den Seitenflächen eines Gehäuses gebildet ist, welches das Vortriebsrad umgibt und auch die Abdeckung enthält.

Es hat sich gezeigt, dass insbesondere bei solchen Schiffsantrieben, die keine bevorzugte Hauptvortriebsrichtung haben und in jeder der beiden Drehrichtungen im Wesentlichen den gleichen Schub entwickeln, der Wirkungsgrad des Schiffsantriebes dadurch verbessert werden kann, dass bei Betrieb des Schiffsantriebes Wasser zwischen dem Vortriebsrad und den Seitenflächen der Abdeckung im Wesentlichen entgegen der Schwerkraft gefördert und seitlich in die Zwickelkanäle eingebracht wird. Das entsprechende Wasser wird insbesondere nach Ausbildung einer abrissfreien, mit dem Antriebsrad umlaufenden Strömung durch den Abstandsraum und zu dem zwischen der Außenumfangsfläche des Vortriebsrades und der Abdeckung gebildeten Spalte gefördert, und zwar aufgrund einer Sogwirkung, die sich erst nach Ausbilden einer umlaufenden Strömung einstellt. Es hat sich gezeigt, dass eine derartige Ausgestaltung gegenüber dem als gattungsbildenden angesehenen vorbekannten Lösungsprinzip, bei dem seitliche Wangen den axialen Zugang von außen zu den Zwickelkanälen verhindern, zu einem erhöhten Wirkungsgrad des Schiffsantriebes führt.

Im Hinblick auf einen gleichförmigen Schub in jeder der beiden Drehrichtungen ist es weiterhin zu bevorzugen, die vor- und nachlaufende Flanke im Wesentlichen geometrisch gleich auszubilden und die Einlass- und Auslassöffnung des Spaltes in etwa auf gleicher Höhe enden zu lassen.

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, das Volumen des Abstandsraumes auf das Volumen des Spaltes zwischen der äußeren Umfangsfläche des Vortriebsrades und der Abdeckung abzustimmen.

Das Volumen des Abstandsraumes berechnet sich bei ebenen und sich parallel zueinander erstreckenden Seitenflächen des Gehäuses einerseits und des Antriebsrades andererseits aus dem Produkt der Grundfläche eines abgeschnittenen Kreises und der Breite des Abstandsraumes, d.h. dem Abstand zwischen der Seitenfläche des Vortriebsrades einerseits und des Gehäuses andererseits. Die abgeschnittene Kreisfläche hat einen Radius, der sich aus einer Addition des größten Außenradius des Vortriebsrades und der kleinsten Höhe des Spaltes ergibt. Die kleinste Höhe des Spaltes wird bei einem in Umfangsrichtung zumindest überwiegend konstanten Spalt bestimmt durch den Abstand zwischen dem höchsten Punkt der Zahnspitze und der Abdeckung. Die Grundfläche des abgeschnittenen Kreises wird ermittelt aus einer Differenz von zwei Flächen, nämlich der Grundfläche des Kreises und einer kappenförmigen Fläche, deren eine Seite durch den äußeren Rand des Kreises und deren andere Seite durch eine Sekante gebildet wird, welche den Kreis an seiner Außenseite genau dort schneidet, wo die Umschlingung des Vortriebsrades durch die Abdeckung endet. Diese Sekante schneidet die Einlass- und die Auslassöffnung also die jeweiligen Enden der Abdeckung. Das Volumen des Spaltes kann durch exakte Berechnung der Spaltgeometrie über den Umschlingungswinkel der Abdeckung um das Vortriebsrad ermittelt werden.

Als einfache Faustregel zur Auslegung der beiderseitigen Volumina des Abstandsraumes einerseits und des Spaltes andererseits hat sich eine Beziehung zwischen der Breite des Vortriebsrades und der Breite des Abstandsraumes ergeben. Dabei entspricht wenigstens die halbe axiale Erstreckung des Vortriebsrades der axialen Erstreckung des Abstandsraumes.

Im Hinblick auf die Erzeugung eines gerichteten Impulses parallel zur Fahrtrichtung des Schiffes wird gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen, die Abdeckung für das Vortriebsrad mit einem Umschlingungswinkel von zwischen 200 und vorzugsweise 270° vorzusehen, wobei ein in Hauptantriebsrichtung des Schiffsantriebes die Auslassöffnung für die mit dem Vortriebsrad umlaufenden Strömung bildender Bereich der Abdeckung das Vortriebsrad so weit umgibt, dass die Strömung überwiegend parallel zu der Vortriebsrichtung abgegeben wird.

Demgegenüber ist ein in Hauptvortriebsrichtung den Einlass des Strömungsantriebes für die umlaufende Strömung bildender Bereich der Abdeckung derart ausgestaltet, dass die Strömung im Wesentlichen mit einer sich senkrecht zu der Vortriebsrichtung erstreckenden Geschwindigkeit in einen zwischen der Abdeckung und der Umfangsfläche des Vortriebsrades gebildeten Spalt eingezogen wird. Eine derartige, im Hinblick auf einen hohen Wirkungsgrad in der Hauptvortriebsrichtung angepasster Schiffsantrieb weist vorzugsweise Wangen auf, die an der Stirnseite des Vortriebsrades angebracht sind und den Zahngrund überragen, um die in dem Spalt sich ausbildende umlaufende Strömung seitlich zu fassen. Vorzugweise erstrecken sich bei dieser Ausgestaltung die Wangen bis etwa zu dem höchsten Punkt der Zahnspitzen.

Insbesondere bei relativ schnelllaufenden Schiffsantrieben mit einem schnelllaufenden Vortriebsrad ist es weiterhin zu bevorzugen, dass sich der Spalt zur Ausbildung einer umlaufenden Strömung im Bereich der Auslassöffnung in Hauptvortriebsrichtung verjüngt, was dazu führt, dass die umlaufende Strömung beim Ausfordern in dem verjüngten Spalt beschleunigt und somit der Impuls vergrößert wird.

Das Einziehen der Strömung in den umlaufenden Spalt wird gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung dadurch begünstigt, dass sich der Spalt im Bereich der Einlassöffnung trichterförmig verbreitert.

Abgesehen von der sich verjüngenden Auslassöffnung und der trichterförmig in Strömungsrichtung zulaufenden Einlassöffnung ist der Spalt darüber hinaus vorzugsweise über etwa 90 bis 95 % des Umschlingungswinkels im Wesentlichen in Umfangsrichtung konstant. Es hat sich als besonders wirkungsvoll herausgestellt, den Spalt in seinem in Umfangsrichtung konstanten Abschnitt mit einer Höhe korrespondierend 0,08 bis 0,12, vorzugsweise 0,09 bis 0,11 des Mittelwertes der drei Krümmungsradien auszubilden. Diese Spalthöhe wird vom radial äußersten Punkt der Zahnspitze bis hin zu der Abdeckung ermittelt.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung. In dieser zeigen:

- Fig. 1 eine Seitenansicht eines Schiffes mit einem ersten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Schiffsantriebes;
- Fig. 2 eine Unteransicht des in Figur 1 gezeigten Schiffes;
- Fig. 3 eine stirnseitige Ansicht des in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiels bei teilweise weggeschnittener Abdeckung;
- Fig. 4 eine Darstellung der Schnittansicht IV-IV gemäß der Darstellung in Figur 3;
- Fig. 5 eine Seitenansicht eines Schiffes mit einem weiteren Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Schiffsantriebes;
- Fig. 6 eine Unteransicht des in Figur 5 gezeigten Schiffes;
- Fig. 7 eine teilweise stirnseitige Ansicht des in Figur 6 dargestellten Ausführungsbeispiels des Schiffsantriebes;
- Fig. 8a-d den axialen Mittelpunkt enthaltende Schnittansichten verschiedener Ausführungsbeispiele von Antriebsrädern mit 10, 12, 15 bzw. 18 Zähnen;
- Fig. 9 eine Querschnittansicht eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Schiffsantriebes;
- Fig. 10 eine Längsschnittansicht durch das in Fig. 2 gezeigte Ausführungsbeispiel;
- Fig. 11 eine Längsschnittansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels;
- Fig. 12 eine Querschnittansicht des in Fig. 11 gezeigten Ausführungsbeispiels;
- Fig. 13 eine Längsschnittansicht eines letzten Ausführungsbeispiels und

Fig. 14 das in Fig. 13 gezeigte Ausführungsbeispiel in Querschnittansicht.

In Figur 1 ist eine Seitenansicht eines als Verdränger mit verschiedenen Tauchtiefen ausgebildeten Schiffes 2 gezeigt. Die unterschiedlichen Tauchtiefen sind anhand der unterschiedlichen Wasserlinien W für unterschiedliche Ladungszustände zu erkennen. Im Heck des Schiffes 2 befindet sich ein Schiffsantrieb 4 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Bei diesem Schiffsantrieb 4 sind als wesentliche Bestandteile eine als Zahnrad 6 ausgebildete Vortriebseinrichtung sowie eine dieses Zahnrad 6 zumindest teilweise umfänglich umgebende Abdeckung 8 vorgesehen. Die Drehachse 10 des Zahnrades 6 erstreckt sich bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel in horizontaler Richtung und im übrigen senkrecht zur Vortriebsrichtung V, d.h. rechtwinklig zur Längsachse des Schiffes 2.

Die Abdeckung 8 ist zylinderförmig ausgebildet, d.h. hat sich parallel zu der Drehachse 10 erstreckende Seitenflächen. Die Abdeckung 8 umgibt das Zahnrad 6 mit einem Umschlingungswinkel von etwa 240°. Die Abdeckung 8 weist ein vorderes, d.h. bugwärtiges Ende 12 sowie ein hinteres, heckwärtiges Ende 14 auf. Die beiden Enden 12, 14 enden etwa auf gleicher Höhe und bündig mit der Unterseite des Schiffsrumpfes 16. Zwischen den beiden Enden 12, 14 wird der Schiffsrumpf 16 unterseitig von dem Zahnrad 6 überragt.

In der Unteransicht des Schiffsrumpfes 16 gemäß Figur 2 ist der von der Abdeckung 8 umfänglich begrenzte und seitlich durch ortsfeste Seitenwände 18, 20 gebildete Aufnahmeraum für das Zahnrad deutlich zu erkennen. Die Seitenwände 18, 20 sind mit dem Schiffsrumpf 16 verbunden und werden von einer Antriebswelle 22, die in der Drehachse des Zahnrades liegt, durchragt, wie nachfolgend anhand von Figur 3 noch ausführlicher beschrieben wird.

Die Figur 3 zeigt eine stirnseitige Ansicht des Schiffsantriebes gemäß den Darstellungen in den Figuren 1 und 2. Die Antriebswelle 22 ist über Lager 24, 26 beiderseits gelagert. An einem Ende der Antriebswelle 22 befindet sich hinter dem Lager 26 ein Winkelgetriebe 28, dessen kraftseitiges Ende mit einem beliebig ausgestalteten Motor

30, beispielsweise einem Elektromotor verbunden ist.

Die Seitenwände 18, 20 umgeben das Zahnrad 6 U-förmig und sind an ihrer Unterseite mit dem Schiffsrumpf 16 verschweißt. Über geeignete Dichtungen ist die Antriebswelle 22 abgedichtet durch die Seitenwände 18, 20 hindurchgeführt. Ein sich horizontal erstreckender, parallel zu der Drehachse 10 der Antriebswelle 22 verlaufender Quersteg 32 der so gebildeten Haube 34 bildet die umfänglich das Zahnrad 6 teilweise umgebende Abdeckung 8 aus. Die Haube 34 ist zweiteilig ausgebildet, wobei der untere Teil 36 die Dichtung und die Durchführung für die Antriebswelle 22 umfasst und fest mit dem Schiffsrumpf verbunden ist, wohingegen der obere Teil 38, welcher über einen Flansch 40 mit dem unteren Teil 36 verbunden und gegenüber diesem abgedichtet ist, zu Wartungszwecken abgehoben werden kann. Die Schnittstelle zwischen dem oberen Teil 36 und dem unteren Teil 38 wird vorzugsweise so gewählt, dass der obere Teil bei jedem beliebigen Beladungszustand abgehoben werden kann, ohne dass Wasser in den Schiffsrumpf 16 läuft.

In Figur 3 ist zu erkennen, dass das Zahnrad 6 seitlich durch Begrenzungselemente 42, 44 eingefasst ist. Diese Begrenzungselemente 42, 44 sind ringförmig ausgebildet und fest mit dem sich drehenden Zahnrad 6 verbunden. Mit ihrem radialen äußeren Ende reichen die Begrenzungselemente 42, 44 über die Umfangsfläche des Zahnrades 6 hinaus und nahezu bis zu der Abdeckung 8.

Das Zahnrad 6 weist an seiner Umfangsfläche mehrere Zähne 46 auf, die bezogen auf die Drehachse 10 in axialer Richtung einen konvex gekrümmten Verlauf haben. In Figur 3 ist die Zahnschneidkante 48 des obersten Zahnes 46 deutlich zu erkennen.

Einzelheiten der umfänglichen Gestaltung des Zahnrades sind in Figur 4 zu erkennen. Diese zeigt eine Schnittansicht entlang der Linie IV-IV gemäß der Darstellung in Figur 3 und dient insbesondere der Verdeutlichung der Ausgestaltung der Zähne 46. Der Drehsinn D in Hauptantriebsrichtung des Schiffes, d.h. diejenige Drehrichtung des Zahnrades 6 bei der Vorwärtsfahrt des Schiffes ist mit einem geschwungenen Pfeil bei „D“ eingezeichnet. Jeder Zahn 46 hat eine Vorderflanke 50 sowie eine Hinterflanke 52. Die Vorderflanke 50 hat bezogen auf den Umfang des Zahnrades 6 eine geringere



Steigung als die Hinterflanke 52. Jeder Zahn 46 des Zahnrades 6 ist identisch ausgebildet. Die Vorderflanken 50 und Hinterflanken 52 sind bezogen auf die axiale Erstreckung der Drehachse 10 konvex gekrümmt. Dementsprechend zeigt die innere gezackte Kontur in Figur 4 den axial äußeren Rand des Zahnrades 46, wohingegen die äußere gezackte Kontur in Figur 4 die umfängliche Kontur in der Mitte (bezogen auf die Breitenrichtung des Zahnes) wiedergibt.

Neben den vorerwähnten konvexen Gestaltungen in axialer Richtung sind die Vorder- und Hinterflanken 50, 52 auch in Umfangsrichtung konvex gekrümmt. Es ergibt sich, dass die Flanken 50, 52 der jeweiligen Zähne 46 sphärisch ausgebildet sind. Die Krümmung in axialer Richtung ist im übrigen schematisch in Figur 2 dargestellt.

Das in Figur 4 gezeigte Ausführungsbeispiel hat scheibenförmige Begrenzungselemente 42, 44, zwischen denen die Vorder- und Hinterflanken 50, 52 bildende Bleche eingeschweißt sind. Durch die Vorder- und Hinterflanken 50, 52 der Zähne 46 wird eine umfänglich geschlossene Umfangsfläche an dem Zahnrad 6 ausgeformt.

Das in den Figuren 1 bis 4 gezeigte Ausführungsbeispiel wird wie folgt betrieben: In der Ruhestellung, d.h. bei einem nicht drehenden Zahnrad 6 befindet sich oberhalb der Wasserlinie in einem zwischen der Abdeckung 8 und dem Zahnrad 6 befindlichen Spalt 54, dessen Querschnittsform sich in Umfangsrichtung mit der Steigung der Vorder- und Hinterflanken 50, 52, ändert, Luft. Beim Anfahren für die Vorwärtsfahrt (Vortriebsrichtung „V“) wird das Zahnrad 6 in der Drehrichtung gemäß dem Pfeil D gedreht. Das Zahnrad 6 dreht sich zunächst aufgrund seiner Trägheit langsam und verschleppt mit der vorlaufenden Vorderflanke 50 der jeweiligen Zähne 46 umgebendes Wasser in den Spalt 54. Mit zunehmender Umdrehungsgeschwindigkeit des Zahnrades 6 wird die in dem Spalt 54 befindliche Luft in Drehrichtung des Zahnrades 6 vollständig aus gefördert. Das Wasser läuft kontinuierlich in dem Spalt 54 mit den Drehsinn D um. Mit anderen Worten bildet sich bei dem Betrieb des Zahnrades 6 zwischen demselben und der Abdeckung 8 ein Wasser fördernder Strömungskanal aus. Die Strömung in dem Strömungskanal erfolgt von dem hinteren Ende 14 zu dem vorderen Ende 12 des Kanals, also in Vortriebsrichtung V. Das Wasser wird mit einer horizontalen Geschwindigkeitskomponente, von der ausgegangen wird, dass sie das Schiff nach

voran treibt, in den Spalt 54 durch die Vorderflanke 50 hereingefördert und verlässt den Spalt 54 ebenfalls mit einer horizontalen Geschwindigkeitskomponente, von der ausgegangen wird, dass sie das Schiff 2 ebenfalls in Vortriebsrichtung V vorantreibt.

In den Figuren 5 bis 7 ist ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Schiffsantriebes gezeigt. Dieses Ausführungsbeispiel ist – wie den Figuren 5 und 6 zu entnehmen ist – in einem als Vollgleiter ausgebildeten Schiff 2 eingebaut. Genauer gesagt sind vier identische Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Schiffsantriebes in dem Schiff 2 eingebaut. Es befinden sich jeweils zwei Schiffsantriebe 4a in Breitenrichtung nebeneinander im Bug des Schiffes 2 und zwei Schiffsantriebe 4b in Breitenrichtung nebeneinander im Heck des Schiffes 2. Bei dem in den Figuren 5 und 6 gezeigten Schiff kann auf ein separates Ruder verzichtet werden, da die Schiffsantriebe jeweils steuerbar sind.

Einzelheiten dieser Steuerung sind in Figur 7 zu erkennen. Zu jedem Schiffsantrieb 4 ist auf der Unterseite des Schiffsrumpfes 16 eine kreisrunde Ausnehmung 60 ausgespart, welche jeweils durch über die Wasserlinie W ragende Seitenwände 56 begrenzt wird. In dem derart gebildeten zylinderförmigen Innenraum befindet sich ein Topf 58, dessen Seitenwand 60 sich parallel zu der Seitenwand 56 des Rumpfes 16 erstreckt. Die Unterseite des Topfes 58 ist mit einer kreisrunden Ausnehmung 62 versehen, die von dem Zahnrad 6 und von Auftriebskörpern 46, auf die nachfolgend noch näher eingegangen werden soll, durchragt wird. Der Topf 58 ist über Lager 66 gegenüber dem Schiffsrumpf 16 um eine Drehachse S drehbar gelagert. Diese Drehung des Topfes 58 in dem Schiffsrumpf 16 wird über eine nicht näher dargestellte Steuereinrichtung zur Steuerung der jeweiligen Drehrichtung gesteuert. Jeder einzelne der Antriebe 4a, b kann unabhängig voneinander um die Steuerachse S gedreht werden.

In dem Topf 58 ist eine Lagerplatte 68 aufgenommen, welche ebenfalls mit einer kreisrunden und von dem Zahnrad 6 und den Auftriebskörpern 46 durchragten Ausnehmung 70 versehen ist. Die Lagerplatte 68 trägt die Lager 24, 26 und ferner den Motor 30.

Zwischen der Bodenplatte des Topfes 58 unmittelbar benachbart der Ausnehmung 62

und der Lagerplatte 68 ist eine als Faltenbalg 72 ausgebildete und die Ausnehmungen 62, 70 umgebende Dichtung vorgesehen, die verhindert, dass Wasser zwischen der Lagerplatte 68 und der Unterseite des Topfes 58 in denselben gelangt.

Auf der dem Wasser abgewandten Seite der Lagerplatte 68 erhebt sich die Haube 34. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel wird die Haube 34 durch die Antriebswelle 22 durchragt. Die Lager 24, 26 befinden sich außerhalb der Haube 34.

Verdrehfest mit der Antriebswelle 22 ist auch bei diesem Ausführungsbeispiel das Zahnrad 6 verbunden. In gleicher Weise verdrehfest mit dem Zahnrad 6 sind auch bei diesem Ausführungsbeispiel die Begrenzungselemente 42, 44 vorgesehen. Seitlich benachbart der Begrenzungselemente 42, 44 befinden sich die jeweiligen Auftriebskörper 64, die über Lager 74 frei drehbar auf der Antriebswelle 22 gelagert sind.

Die Auftriebskörper 64 sind im wesentlichen identisch ausgebildet und weisen benachbart zu dem Zahnrad 6 einen Durchmesser auf, der in etwa dem Durchmesser desselben entspricht. Die äußere Kontur der Auftriebskörper 64 ist bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel wie folgt ausgestaltet: Ein erster Umfangsabschnitt 76 erstreckt sich parallel zu der Drehachse 10. Es folgt ein zweiter Umfangsabschnitt 78, welcher im wesentlichen eine Ebene, auf die Drehachse 10 zulaufende Kontur hat. Dieser zweite Umfangsabschnitt 78 kann im Hinblick auf einen möglichst großen Auftrieb der in das Wasser eintauchenden Auftriebskörper 64 auch konvex nach außen gekrümmt verlaufend ausgebildet sein. Der erste Umfangsabschnitt 76 wird umfänglich von einer Verdickung 80 umgeben, die fest mit dem Zahnrad 6 verbunden ist. Die Innenseite der Verdickung 80 ist zylinderförmig ausgebildet. Die Verdickung 80 erstreckt sich beiderseits des Zahnrades 6 und der zugeordneten Begrenzungselemente 42, 44 und erscheint in der in Figur 7 gezeigten Schnittansicht pilzkopfartig. Die Verdickung 80 wird mittig im Bereich des Zahnrades 6 durch die Oberflächenkontur der Zähne 46 fortgeführt. Die Zahnspitze 48 der Zähne führt die äußere Kontur der Verdickung 80 kontinuierlich und absatzlos fort.

Die Lagerplatte 68 ist in dem Topf 58 gehalten und gegenüber diesem verschwenkbar gelagert, und zwar unter Zwischenschaltung zumindest eines Neigungsdämpfers 82, der

als herkömmlicher, teleskopartiger Dämpfer ausgestaltet ist. Das eine Ende des Dämpfers 82 ist mit dem oberen Ende der Seitenwand 60 verbunden, wohingegen das andere Ende nahe der Lagerplatte 68 angelenkt ist.

Der Neigungsdämpfer 82 dient der Dämpfung einer Verschwenkbewegung um eine Schwenkachse, die sich bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel in Längsrichtung des Schiffes erstreckt. Für diese Schwenkbewegung ist die Lagerplatte 68 an ihrem in Vortriebsrichtung vorderen und hinteren Ende über Lager verschwenkbar gelagert. Die hierdurch gebildete Schwenkachse verläuft jeweils rechtwinklig zu der Drehachse des Motors 30 und der Steuerachse S und schneidet die beiden Achsen in ihrem gemeinsamen Schnittpunkt. Dieser Schnittpunkt ist bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel der Mittelpunkt des Zahnrades 6.

Hinsichtlich der Ausgestaltung des Spaltes 54 zwischen den Begrenzungselementen 42, 44 entspricht die in den Figuren 5 bis 7 gezeigte Ausführungsform der vorher diskutierten Ausführungsform der Figuren 1 bis 4. Insofern gilt auch das hinsichtlich des Betriebes Gesagte entsprechend, wobei hier zu bemerken ist, dass die Haube 34 einen größeren Bereich abdeckt und auch die Auftriebskörper 64 einschließt.

Wenn der in Figur 7 gezeigte Schiffsantrieb um die Steuerachse S verdreht wird, ergibt sich bei einem Betrieb des Schiffsantriebes eine Kreiselkraft, aufgrund derer die Lagerplatte 68 gegenüber dem Topf 58 verschwenkt. Diese Schwenkbewegung wird durch den Neigungsdämpfer 82 abgefangen. Die Lagerplatte 68 wird dadurch in die in Figur 2 gezeigte Ausgangsstellung zurückgeführt. Der Neigungsdämpfer 82 verhindert, dass die Kreiselkraft sich unmittelbar auf den Schiffsrumpf überträgt.

Die Fig. 8a-c zeigen verschiedene Ausführungsbeispiele von Vortriebsrädern 100 des erfindungsgemäßen Schiffsantriebes mit 10 Zähnen (Fig. 8a), 12 Zähnen (Fig. 8b) und 15 Zähnen (Fig. 8c). Jeder Zahn 102 weist eine vorlaufende Flanke 104, eine nachlaufende Flanke 106 sowie jeweils einen Zahngrund 108 zu Beginn der vorlaufenden Flanke 106 und einen weiteren Zahngrund 110 zum Ende der nachlaufenden Flanke 106 auf. Wie der Schnittdarstellung der Fig. 8a-d zu entnehmen ist, sind die vorlaufenden und die rücklaufenden Flanken 104, 106 jeweils in

Umfangsrichtung des Vortriebsrades 100 konvex gekrümmt. Die Oberfläche des gesamten Vortriebsrades 10 ist aber auch in axialer Richtung konvex gekrümmt. Dies bezieht sich sowohl auf die Krümmung im Zahngrund 108, 110 als auch die Krümmung einer die vorlaufende Flanke 104 und die nachlaufende Flanke 106 verbindenden Zahnschulter 112.

Die Krümmungsradien von Zahngrund 108, 110, die vorlaufende Flanke 104 sowie die nachlaufende Flanke 106 sind bei den gezeigten Ausführungsbeispielen jeweils identisch. Der Ausgangspunkt der jeweiligen Krümmungsradien (jeweils  $R = 75 \text{ mm}$ ) der in den Fig. 8a-d gezeigten Ausführungsbeispiele ist in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.  $Y_G$  gibt den Abstand des Ausgangspunktes des Krümmungsradius für den Zahngrund von dem Mittel- und Drehpunkt des Vortriebsrades 100 an.  $X_G$  ist der korrespondierende Wert auf der X-Achse. Das Gleiche gilt für die vorlaufende Flanke ( $Y_V, X_V$ ) sowie die nachlaufende Flanke ( $Y_N, X_N$ ).

**Tabelle**

	10 Zähne	12 Zähne	15 Zähne	18 Zähne
$X_G$	4,8	4,0	4,7	0
$Y_G$	14,3	14,6	15,4	18,2
$X_V$	28,2	33,2	38,2	18,2
$Y_V$	8,7	11,6	20,9	54,9
$X_N$	70,1	70,1	73,2	69,7
$Y_N$	33,3	33,3	25,8	48,7

Die Koordinaten für den Grund  $X_G, Y_G$  gelten für sowohl den Zahngrund 108 als auch den Zahngrund 110. Der Krümmungsradius der Zahnschulter in axialer Richtung ergibt sich aus den Schnittpunkten der vorlaufenden und nachlaufenden Flanke 104, 106. Das Vortriebsrad 100 mit 18 Zähnen hat sich als besonders vorteilhaft herausgestellt.

Bei der unter Bezugnahme auf die Fig. 8a-d ausführlich beschriebenen Ausbildung des Vortriebrades 100 befindet sich der Ausgangspunkt sämtlicher Krümmungsradien für die vorlaufenden Flanken 104 auf einem Kreis, der konzentrisch zu der Drehachse des Vortriebrades 100 liegt und zwischen einer jeden Zahngrund 108 enthaltenden Kreisfläche und der Drehachse des Vortriebrades 100 befindlich ist. Der Ausgangspunkt der Krümmungsradien der nachlaufenden Flanken 106, die relativ steil auf den Zahngrund 108 abfallen, liegt auf einer Umhüllenden, die außerhalb des Zahngrundes 108 liegt und sich vorzugsweise in einem Bereich, in dem sich auch die Oberkante der Zahnspitze 112 befindet.

Die Fig. 9 und 10 zeigen das in Fig. 8b gezeigte Ausführungsbeispiel eines Vortriebrades 100 eingebaut als Teil eines Schiffsantriebes mit einer Antriebswelle 114, das die Seitenflächen 116, 118 eines Gehäuses 120 durchragt. An der Außenseite der Seitenfläche 116, 118 sind jeweils Wälzlager 122, 124 zur Lagerung der Antriebswelle 114 vorgesehen. Diese Wälzlager 122, 124 sind mit den Seitenflächen 116, 118 verbunden.

Das Gehäuse 120 weist eine Abdeckung 126 auf, die sich parallel zu der Antriebswelle 114 erstreckt. Wie insbesondere der Fig. 10 zu entnehmen ist, bildet die Abdeckung 126 an ihrem hinteren Ende, d.h. zum hinteren Ende in Hauptantriebsrichtung A, eine sich trichterförmig verjüngende Einlassöffnung 128 sowie eine sich verjüngende Auslassöffnung 130 auf. Zwischen der Einlassöffnung 128 und der Auslassöffnung 130 bleibt der Spalt 132 über 90 % seines Umschlingungswinkels konstant. Der Umschlingungswinkel beträgt bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel  $220^\circ$ , wobei die Einlassöffnung 128 bündig mit der Unterseite eines Schiffsrumpfes 134 ist und die Auslassöffnung 130 in einem Umfangssegment der Abdeckung 126 ausgebildet ist, welches die Unterseite des Schiffsrumpfes 134 überragt und sich in Richtung auf das Heck des Schiffes öffnet.

Bei den in den Fig. 9 und 10 gezeigten Ausführungsbeispiel sind jeweils an den Seitenflächen des Vortriebrades 100 Wangen 136 vorgesehen, welche die Zahnspitze 112 am äußeren Rand des Vortriebrades 100 überragen und in etwa bis zu dem höchsten Punkt der Zahnspitzen 112 reicht.

Beim Betrieb des Ausführungsbeispiels wird den Schiffsrumpf 134 umgebendes Wasser mit Drehung des Vortriebsrades 100 in Hauptantriebsrichtung H verschleppt, bis sich nach Abschluss eines Anfahrverhaltens eine mit dem Vortriebsrad 100 umlaufende Strömung in dem Spalt 132 einstellt. Die seitlichen Wangen 136 stabilisieren hierbei die kontinuierliche, abrissfreie umlaufende Strömung in dem Spalt 132. Praktische Versuche haben gezeigt, dass bei Erreichen des Betriebspunktes, d.h. nach vollständiger Verdrängung von in Ruhelage oberhalb der Wasseroberfläche W befindlicher Luft aus dem Spalt 132 zusätzlich Wasser durch einen zwischen den Seitenflächen des Vortriebsrades und den Seitenflächen 116, 118 des Gehäuses gebildeten Abstandsraum 138 strömt und diesen ausfüllt. Die sich hierbei ergebenden Phänomene lassen sich derzeit theoretisch noch nicht vollständig beschreiben. Es hat sich auch herausgestellt, dass der Abstandsraum 138 ein bestimmtes Volumen haben muss, welches auf das Volumen des Spaltes abgestimmt ist. Das Volumen des Abstandsraumes 138 berechnet sich aus einer Grundfläche, die in Fig. 11 schraffiert dargestellt ist, multipliziert mit der Breite B des Abstandsraumes 138 in axialer Richtung. In Fig. 12 ist  $R_A$  der Radius des Vortriebsrades 100 gemessen von dessen Drehachse bis in den höchsten Punkt der Zahnspitze 112. Mit  $H_S$  ist die Höhe des Spaltes 132 zwischen dem höchsten Punkt der Zahnspitze 112 eines Zahnes 102 und der Abdeckung 126 in ihrem in Umfangsrichtung konstanten Umschlingungsbereich gekennzeichnet. Die untere Sekante S entspricht der gedanklichen Verlängerung des Schiffsrumpfes zwischen dem sich vor dem Spalt 132 und sich hinter dem Spalt befindlichen Teilen des Schiffsrumpfes 134.

Das Spaltvolumen berechnet sich aus der Spaltfläche in einem gegebenenfalls auch nur abschnittsweise konstanten Spalt und dem Umschlingungsabschnitt dieses Spaltes.

Wie der Fig. 12 zu entnehmen ist, wird die Grundfläche des Spaltes eingeschlossen durch die gedankliche Verlängerung der Innenflächen der Wangen 136, d.h. der Verlängerung der Außenflächen der Außenseiten des Vortriebsrades 100 und der Oberfläche der Abdeckung 126 einerseits und der Kontur der Zahnspitze 112 andererseits. Das zusätzliche, durch Zwickelkanäle zwischen benachbarten Zahnflanken gebildete Volumen wird bei der Berechnung des Spaltvolumens nicht berücksichtigt.

Das Verhältnis des Volumens des Abstandsraumes 138 zu dem Volumen des Spaltes 132 liegt vorzugsweise zwischen 0,75 und 1,25, besonders bevorzugt zwischen 0,9 und 1,1.

Bei dem in den Fig. 13 und 14 dargestellten Ausführungsbeispiel weist das Vortriebsrad 100 Zähne 102 auf, die symmetrisch um eine Linie ausgeformt sind, welche auch die Zahnspitze 112 enthält. Die vorlaufende Flanke 104 ist dementsprechend geometrisch identisch wie die nachlaufende Flanke 106 ausgebildet. Die Einlassöffnung 128 und die Auslassöffnung 130 liegen auf gleicher Höhe in Bezug auf den Schiffsrumpf 134.

Das in den Fig. 13 und 14 gezeigte Ausführungsbeispiel eines Schiffsantriebes hat keine Hauptvortriebsrichtung sondern stellt in jeder der beiden Antriebsdrehrichtungen bezogen auf die aufgewendete Motorleistung denselben Schub bereit. Derartige Schiffsantriebe können beispielsweise als Bugstrahlruder zum Einsatz kommen, oder aber in Schiffen, bei denen es mehr auf Wendigkeit und Fahrleistung in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung ankommt, als auf bestmöglichem Wirkungsgrad bei schneller Geradeausfahrt. Das in den Fig. 13 und 14 dargestellte Ausführungsbeispiel eines Schiffsantriebes eignet sich beispielsweise besonders für den Einbau einer Flussfähre.

Das in den Fig. 13 und 14 gezeigte Ausführungsbeispiel weist keine seitlichen Wangen auf, was bedeutet, dass in dem Abstandsraum 138 fließendes Wasser in axialer Richtung in Zwickelkanälen 140 gelangen kann, die zwischen benachbarten Zähnen 102 des Vortriebsrades 100 ausgebildet sind. Es hat sich gezeigt, dass bei Schiffsantrieben, die richtungsunabhängig die gleiche Schubleistung abgeben, der ungehinderte Zugang von Wasserströmung in dem Abstandsraum zu dem zwischen der äußeren Umfangsfläche des Vortriebsrades 100 und der Abdeckung 126 eingeschlossenen Raum von besonderer Bedeutung ist. Im Hinblick auf eine gewisse Führung der mit dem Vortriebsrad 100 umlaufenden Strömung kann beiderseits des Vortriebsrades 100 ein die Zahnspitzen 112 umfänglich fassender Kranz vorgesehen sein, der für den axialen Zugang zu den Zwickelkanälen 140 zwischen den Zähnen 102 freigeschnitten ist.

Bei der Ausgestaltung, bei der die Zwickelkanäle axial mit dem Abstandsraum



kommunizieren, ist die Oberflächenform des Vortriebsrades nicht auf die mit dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung beanspruchte Kugelform beschränkt. So ist es auch möglich, das Vortriebsrad durch eine breite zylindrische Walze mit beliebiger Zahngeometrie auszubilden. Wesentlich für die Ausgestaltung des Vortriebsrades ist nach dem derzeitigen Stand der Anmelderin lediglich der Umstand, dass dieses an seiner äußeren Umfangsfläche eine Verzahnung aufweist, welche das umgebende Wasser verschleppt, um eine in Umfangsrichtung umlaufende Strömung in dem Spalt auszubilden. Als Antriebsrad im Sinne der Erfindung kann in diesem Fall auch ein Vortriebsmittel verstanden werden, welches durch ein umlaufendes Band gebildet ist. Während bei den Ausführungsbeispielen jeweils ein Vortriebsrad auf der Antriebswelle angeordnet dargestellt ist, können bei der Verwirklichung des erfindungsgemäßen Schiffsantriebes auch mehrere Vortriebskörper nebeneinander auf der Antriebswelle montiert sein, was bei relativ einfacher Bauart zu einer Erhöhung des Wirkungsgrades aufgrund größerer Durchflussmengen bei gleicher Leistung führt.

**Bezugszeichenliste**

2	Schiff
4	Schiffsantrieb
6	Zahnrad
8	Abdeckung
10	Drehachse
12	vorderes Ende
14	hinteres Ende
16	Rumpf
18	Seitenwand
20	Seitenwand
22	Antriebswelle
24	Lager
26	Lager
28	Winkelgetriebe
30	Motor
32	Quersteg
34	Haube
36	unteres Teil
38	oberes Teil
40	Flansch
42	Begrenzungselement
44	Begrenzungselement
46	Zahn
48	Zahnspitze
50	Vorderflanke
52	Hinterflanke
54	Spalt
56	Seitenwand
58	Topf
60	Seitenwand
62	Ausnehmung

64	Auftriebskörper
66	Lager
68	Lagerplatte
70	Ausnehmung
72	Faltenbalg
74	Lager für die Auftriebskörper
76	erster Umfangsabschnitt
78	zweiter Umfangsabschnitt
80	Verdickung
82	Neigungsdämpfer
D	Drehrichtung
S	Steuerachse
V	Vortriebsrichtung
W	Wasserlinie
100	Vortriebsrad
102	Zahn
104	vorlaufende Flanke
106	nachlaufende Flanke
108	Zahngrund
110	Zahngrund
112	Zahnspitze
114	Antriebswelle
116	Seitenfläche
118	Seitenfläche
120	Gehäuse
122	Wälzlager
124	Wälzlager
126	Abdeckung
128	Einlassöffnung
130	Auslassöffnung
132	Spalt
134	Schiffsrumpf
136	Wange

138	Abstandsraum
140	Zwickelkanäle
A	Hauptantriebsrichtung
Sek.	Sekante
H	Drehsinn in Hauptantriebsdrehrichtung
W	Wasseroberfläche
$R_A$	maximaler Radius des Vortriebsrades
$H_S$	minimale Höhe des Spaltes zwischen dem Vortriebsrad und der Abdeckung

### Patentansprüche

1. Schiffsantrieb mit einer zumindest teilweise in das Wasser eintauchenden Vortriebseinrichtung (6), die um wenigstens eine sich im wesentlichen senkrecht zu der Vortriebsrichtung erstreckende Drehachse umläuft, und mit einer die Vortriebseinrichtung (6) teilweise umgebenden Abdeckung (8), die mit der Vortriebseinrichtung (6) einen beim Betrieb der Vortriebseinrichtung (6) das Wasser fördernden Strömungskanal ausbildet.
2. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vortriebseinrichtung ein drehbar angetriebenes Rad (6) umfasst.
3. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vortriebseinrichtung ein drehbar angetriebenes umlaufendes Band umfasst.
4. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vortriebseinrichtung (6) eine umfänglich geschlossene Umfangsfläche aufweist.
5. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umfangsfläche der Vortriebseinrichtung (6) seitlich durch die Umfangsfläche überragende, nahezu bis zu der Abdeckung reichende Begrenzungselemente (42, 44) eingefasst ist.
6. Schiffsantrieb nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Begrenzungselemente sowie die Abdeckung ortsfest angeordnet sind.
7. Schiffsantrieb nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Begrenzungselemente (42; 44) mit der umlaufenden Vortriebseinrichtung (6) verbunden sind.
8. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der äußeren Umfangsfläche der Vortriebseinrichtung (6) mehrere Zähne (46) hintereinander angeordnet sind.

9. Schiffsantrieb nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Zahn (46) eine vorlaufende, radial nach außen gerichtete Vorderflanke (50) und eine sich an diese anschließende, radial nach innen gerichtete Hinterflanke (52) aufweist, und dass die Vorderflanke (50) eine geringere Neigung als die Hinterflanke (52) hat.
10. Schiffsantrieb nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnschneide (48) der Zähne (46) in axialer Richtung konvex gekrümmt ausgebildet ist.
11. Schiffsantrieb nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorderflanke (50) und/oder die Hinterflanke (52) der Zähne (46) in axialer Richtung konvex gekrümmt ausgebildet sind.
12. Schiffsantrieb nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorderflanke (50) und/oder die Hinterflanke (52) der Zähne in Umfangsrichtung konvex gekrümmt ausgebildet sind.
13. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein den Einlass des Strömungskanals bildendes hinteres Ende (41) der Abdeckung (8) eine nach vorne gerichtete Krümmung aufweist.
14. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das den Auslass des Strömungskanals bildendes vorderes Ende (12) der Abdeckung eine nach hinten gerichtete Krümmung aufweist.
15. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der obere Rand der Abdeckung (8) über der Wasserlinie (W) des Schiffes (2) angeordnet ist und dass das vordere und/oder das hintere Ende (12; 14) der Abdeckung (8) bis unter die Wasserlinie (W) ragen.
16. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abdeckung sich mit einem Umschlingungswinkel von zwischen  $200^{\circ}$  und  $270^{\circ}$  um die Vortriebseinrichtung (6) erstreckt.

17. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen der Vortriebseinrichtung (6) und der Abdeckung ein minimaler Spalt (54) von 2 bis 10%, vorzugsweise 3 bis 6% des Durchmessers der umlaufenden Vortriebseinrichtung (6) ausgebildet ist.
18. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vortriebseinrichtung (6) senkrecht zu ihrer Drehachse (10) um eine Steuerachse (S) drehbar ist und dass eine die Drehung der Vortriebseinrichtung (6) um die Steuerachse steuernde Steuereinrichtung vorgesehen ist.
19. Schiffsantrieb nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vortriebseinrichtung (6) zusammen mit der Abdeckung (8) auf einer von der Vortriebseinrichtung (6) durchragten Lagerplatte (68) angeordnet sind, die oberseitig durch eine Haube (34) abgedichtet ist und die in einem drehbar in dem Schiffsrumpf (16) gelagerten, bodenseitig offenen und von der Vortriebseinrichtung (6) durchragten Topf (58) aufgenommen ist und dass zwischen der Lagerplatte (68) und dem Topf (58) eine Dichtung (72) vorgesehen ist.
20. Schiffsantrieb nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Haube (34) die Abdeckung (8) ausbildet.
21. Schiffsantrieb nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lagerplatte (68) unter Zwischenschaltung wenigstens eines Neigungsdämpfers (82) verschwenkbar an dem Topf (58) gelagert ist.
22. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** eine die Vortriebseinrichtung relativ zu der Abdeckung verstellende Spalteinstelleinrichtung.
23. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** eine die Vortriebseinrichtung zusammen mit der Abdeckung höhenverstellende Eintauchtiefenverstelleinrichtung.
24. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass an den Stirnseiten der Vortriebseinrichtung (6) jeweils ein sich vorzugsweise in axialer Richtung der

Drehachse (10) von der Vortriebseinrichtung (6) weg verjüngender Auftriebskörper (64) vorgesehen ist.

25. Schiffsantrieb nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auftriebskörper (64) frei drehbar auf der Drehachse (10) bzw. der Antriebswelle (22) der Vortriebseinrichtung (6) gelagert sind.
26. Schiffsantrieb nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass an dem radial äußeren Ende der Vortriebseinrichtung (6) eine mit der Vortriebseinrichtung (6) verbundene, die Vortriebseinrichtung (6) pilzkopfförmig überdeckende und den Auftriebskörper (64) zumindest teilweise umfänglich überragende Verdickung (80) vorgesehen ist.
27. Schiffsantrieb mit einem teilweise in das Wasser eintauchenden angetriebenen gezahnten Vortriebsrad, dessen Drehachse sich im Wesentlichen rechtwinklig zu der Vortriebsrichtung des Schiffsantriebes erstreckt, und mit einer das Vortriebsrad teilweise umfänglich umgebenden Abdeckung, die derart in Bezug auf das Vortriebsrad (100) angeordnet ist, dass sich beim Betrieb des Schiffsantriebs zwischen der Umfangsfläche des Vortriebsrades (100) und der Abdeckung eine mit dem Drehsinn des Vortriebsrades umlaufende Strömung ausbildet,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
dass die vorlaufende und die nachlaufende Flanke (104; 106) jedes der an dem Vortriebsrad ausgebildeten Zähne (102) eine sphärische, konvexe Oberfläche aufweist,  
dass die Zahnspitze eines jeden Zahnes (102) in axialer Richtung konvex gekrümmt ist und  
dass der Ausgangspunkt der Krümmungsradien der sphärischen Oberflächen und der Kontur der Zahnspitze (112) in einer sich orthogonal zu der Drehachse des Zahnrades erstreckenden Ebene liegen, die auch den Mittelpunkt des Vortriebsrades (100) in axialer Richtung enthält.
28. Schiffsantrieb nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass die sphärischen Oberflächen und die Zahnspitze (112) in etwa den gleichen Krümmungsradius haben.



29. Schiffsantrieb nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Krümmungsradien der sphärischen Oberflächen und der Zahnspitze (112) höchstens 20%, vorzugsweise höchstens 10% um einen aus den drei Krümmungsradien gebildeten Mittelwert schwanken.
30. Schiffsantrieb nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ausgangspunkt des Krümmungsradius jeder der nachlaufenden Flanken (106) im Wesentlichen auf einer die Zahnspitzen (112) enthaltenden kreisförmigen Hüllfläche liegt.
31. Schiffsantrieb nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ausgangspunkt der Krümmungsradien jeder der vorlaufenden Flanken (104) auf einem Kreis liegt, der konzentrisch zu der Drehachse des Vortriebsrades (100) und zwischen einer jeden Zahngrund (108, 110) enthaltenden Kreisfläche und der Drehachse befindlich ist.
32. Schiffsantrieb nach Anspruch 31, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Radius der Kreisfläche 0,5 bis 0,8 des Abstandes zwischen der Drehachse und der den Zahngrund (108, 110) enthaltenden Hüllfläche beträgt.
33. Schiffsantrieb nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnspitze (112) mit einem lotrechten Abstand von 0,08 bis 0,12 des mittleren Mittelwertes der drei Krümmungsradien von einer die Drehachse und den Zahngrund (108) zu der nachlaufenden Flanke (106) der entsprechenden Zahnspitze (112) schneidenden Radiallinie beabstandet ist.
34. Schiffsantrieb mit einem teilweise in das Wasser eintauchenden angetriebenen gezahnten Vortriebsrad (100), dessen Drehachse sich im Wesentlichen rechtwinklig zu der Vortriebsrichtung des Schiffsantriebes erstreckt, und mit einer das Vortriebsrad (100) teilweise umfänglich umgebenden Abdeckung (126), die derart in Bezug auf das Vortriebsrad (100) angeordnet ist, dass sich beim Betrieb des Schiffsantriebs zwischen der Umfangsfläche des Vortriebsrades (100) und der Abdeckung (126) eine mit dem Drehsinn des Vortriebsrades (100) umlaufende

Strömung ausbildet, insbesondere nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Zwickelkanäle(140), die zwischen benachbarten Zähnen des Vortriebsrades auf dessen Umfangsfläche gebildet sind, sich axial nach außen zu einem zwischen dem Vortriebsrad (100) und den Seitenflächen (116, 118) eines das Vortriebsrad (100) umgebenden und die Abdeckung (126) enthaltenden Gehäuses (120) gebildeten Abstandsraum (138) öffnen.

35. Schiffsantrieb nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vor- und nachlaufenden Flanke (104; 106) im wesentlichen geometrisch gleich ausgebildet sind und dass die Einlass- und die Auslassöffnung (128; 130) des Spaltes (132) in etwa auf gleicher Höhe liegen.
36. Schiffsantrieb nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis des Volumens des Abstandsraumes (138) zu dem Volumen des Spaltes (132) zwischen 0,75 und 2,00, vorzugsweise zwischen 0,9 und 1,1 beträgt.
37. Schiffsantrieb nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand zwischen den Seitenflächen des Antriebsrades (100) und den Seitenflächen (116, 118) des Gehäuse wenigstens der halben axialen Erstreckung des Vortriebsrades (100) entspricht.
38. Schiffsantrieb nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Seitenflächen (116, 118) von einer Antriebswelle (114) des Vortriebsrades (100) durchragt sind und Lager (12, 124) zur Lagerung der Antriebswelle (114) tragen.
39. Schiffsantrieb nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abdeckung (126) das Vortriebsrad (100) mit einem Umschlingungswinkel von zwischen 200° und 300° umschlingt und dass ein in Hauptantriebsrichtung des Schiffsantriebes die Auslassöffnung (130) für die Strömung bildender Bereich der Abdeckung (126) das Vortriebsrad (100) so weit umgibt, dass die Strömung überwiegend parallel zu der Vortriebsrichtung abgegeben wird, während ein in Hauptvortriebsrichtung den Einlass (128) des Strömungsantriebes für die Strömung bildender Bereich der Abdeckung (126) die Strömung im Wesentlichen mit einer sich senkrecht zu der Vortriebsrichtung

erstreckenden Geschwindigkeit in einen zwischen der Abdeckung (126) und der Umfangsfläche des Vortriebsrades (100) gebildeten Spalt (132) einzieht und dass das Vortriebsrad (100) an seinen beiden Stirnseiten den Zahngrund (108) überragende ringförmige Wangen (136) aufweist.

40. Schiffsantrieb nach Anspruch 39, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wangen (136) sich in etwa bis zu dem höchsten Punkt der Zahnsitzen (112) erstrecken.
41. Schiffsantrieb nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der Spalt (132) im Bereich der Auslassöffnung (130) in Hauptvortriebsrichtung verjüngt.
42. Schiffsantrieb nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der Spalt im Bereich der Einlassöffnung (128) trichterförmig verbreitert.
43. Schiffsantrieb nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spalt (132) über 90 bis 95% des Umschlingungswinkels im Wesentlichen in Umfangsrichtung eine konstante Spalthöhe hat.
44. Schiffsantrieb nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spalt (132) in seinem in Umfangsrichtung konstanten Abschnitt gemessen vom radial äußersten Punkt der Zahnspitze (112) eine Höhe bis zu der Abdeckung (126) von 0,08 bis 0,12, vorzugsweise von 0,09 bis 0,11 des Mittelwertes der drei Krümmungsradien hat.
45. Schiffsantrieb mit einem teilweise in das Wasser eintauchenden angetriebenen gezahnten Vortriebsrad (100), dessen Drehachse sich im Wesentlichen rechtwinklig zu der Vortriebsrichtung des Schiffsantriebes erstreckt, und mit einer das Vortriebsrad (100) teilweise umfänglich umgebenden Abdeckung (126), die derart in Bezug auf das Vortriebsrad (100) angeordnet ist, dass sich beim Betrieb des Schiffsantriebs zwischen der Umfangsfläche des Vortriebsrades (100) und der Abdeckung (126) eine mit dem Drehsinn des Vortriebsrades (100) umlaufende Strömung ausbildet, insbesondere nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Zwickelkanäle (140), die zwischen benachbarten Zähnen des Vortriebsrades auf dessen Umfangsfläche gebildet sind, sich axial nach außen zu einem zwischen dem Vortriebsrad (100) und den Seitenflächen (116, 118) eines das

Vortriebsrad (100) umgebenden und die Abdeckung (126) enthaltenden Gehäuses (120) gebildeten Abstandsraum (138) öffnen,  
 dass die vorlaufende und die nachlaufende Flanke (104; 106) jedes der an dem Vortriebsrad ausgebildeten Zähne (102) eine sphärische, konvexe Oberfläche aufweist,  
 dass die Zahnspitze eines jeden Zahnes (102) in axialer Richtung konvex gekrümmt ist und  
 dass der Ausgangspunkt der Krümmungsradien der sphärischen Oberflächen und der Kontur der Zahnspitze (112) in einer sich orthogonal zu der Drehachse des Zahnrades erstreckenden Ebene liegen, die auch den Mittelpunkt des Vortriebsrades (100) in axialer Richtung enthält.

46. Schiffsantrieb nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass die sphärischen Oberflächen und die Zahnspitze (112) in etwa den gleichen Krümmungsradius haben.
47. Schiffsantrieb nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Krümmungsradien der sphärischen Oberflächen und der Zahnspitze (112) höchstens 20%, vorzugsweise höchstens 10% um einen aus den drei Krümmungsradien gebildeten Mittelwert schwanken.
48. Schiffsantrieb nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ausgangspunkt des Krümmungsradius jeder der nachlaufenden Flanken (106) im Wesentlichen auf einer die Zahnspitzen (112) enthaltenden kreisförmigen Hüllfläche liegt.
49. Schiffsantrieb nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ausgangspunkt der Krümmungsradien jeder der vorlaufenden Flanken (104) auf einem Kreis liegt, der konzentrisch zu der Drehachse des Vortriebsrades (100) und zwischen einer jeden Zahngrund (108, 110) enthaltenden Kreisfläche und der Drehachse befindlich ist.

50. Schiffsantrieb nach Anspruch 49, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Radius der Kreisfläche 0,5 bis 0,8 des Abstandes zwischen der Drehachse und der den Zahngrund (108, 110) enthaltenden Hüllfläche beträgt.
51. Schiffsantrieb nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnspitze (112) mit einem lotrechten Abstand von 0,08 bis 0,12 des mittleren Mittelwertes der drei Krümmungsradien von einer die Drehachse und den Zahngrund (108) zu der nachlaufenden Flanke (106) der entsprechenden Zahnspitze (112) schneidenden Radiallinie beabstandet ist.
52. Schiffsantrieb nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vor- und nachlaufenden Flanke (104; 106) im wesentlichen geometrisch gleich ausgebildet sind und dass die Einlass- und die Auslassöffnung (128; 130) des Spaltes (132) in etwa auf gleicher Höhe liegen.
53. Schiffsantrieb nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis des Volumens des Abstandsraumes (138) zu dem Volumen des Spaltes (132) zwischen 0,75 und 2,00, vorzugsweise zwischen 0,9 und 1,1 beträgt.
54. Schiffsantrieb nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand zwischen den Seitenflächen des Antriebsrades (100) und den Seitenflächen (116, 118) des Gehäuse wenigstens der halben axialen Erstreckung des Vortriebsrades (100) entspricht.
55. Schiffsantrieb nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Seitenflächen (116, 118) von einer Antriebswelle (114) des Vortriebsrades (100) durchragt sind und Lager (12, 124) zur Lagerung der Antriebswelle (114) tragen.
56. Schiffsantrieb nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abdeckung (126) das Vortriebsrad (100) mit einem Umschlingungswinkel von zwischen 200° und 300° umschlingt und dass ein in Hauptantriebsrichtung des Schiffsantriebes die Auslassöffnung (130) für die Strömung bildender Bereich der Abdeckung (126) das Vortriebsrad (100) so weit umgibt, dass die Strömung überwiegend parallel zu der Vortriebsrichtung abgegeben

wird, während ein in Hauptvortriebsrichtung den Einlass (128) des Strömungsantriebes für die Strömung bildender Bereich der Abdeckung (126) die Strömung im Wesentlichen mit einer sich senkrecht zu der Vortriebsrichtung erstreckenden Geschwindigkeit in einen zwischen der Abdeckung (126) und der Umfangsfläche des Vortriebsrades (100) gebildeten Spalt (132) einzieht und dass das Vortriebsrad (100) an seinen beiden Stirnseiten den Zahngrund (108) überragende ringförmige Wangen (136) aufweist.

57. Schiffsantrieb nach Anspruch 56, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wangen (136) sich in etwa bis zu dem höchsten Punkt der Zahnspitzen (112) erstrecken.
58. Schiffsantrieb nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der Spalt (132) im Bereich der Auslassöffnung (130) in Hauptvortriebsrichtung verjüngt.
59. Schiffsantrieb nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der Spalt im Bereich der Einlassöffnung (128) trichterförmig verbreitert.
60. Schiffsantrieb nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spalt (132) über 90 bis 95% des Umschlingungswinkels im Wesentlichen in Umfangsrichtung eine konstante Spalthöhe hat.
61. Schiffsantrieb nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spalt (132) in seinem in Umfangsrichtung konstanten Abschnitt gemessen vom radial äußersten Punkt der Zahnspitze (112) eine Höhe bis zu der Abdeckung (126) von 0,08 bis 0,12, vorzugsweise von 0,09 bis 0,11 des Mittelwertes der drei Krümmungsradien hat.

## **Zusammenfassung**

### **Schiffsantrieb**

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Schiffsantrieb und gibt einen Schiffsantrieb mit verbessertem Wirkungsgrad an, der zu einer verminderten Wellenbildung führt und eine zumindest teilweise in das Wasser eintauchende Vortriebseinrichtung, die um wenigstens eine sich im wesentlichen senkrecht zu der Vortriebseinrichtung erstreckenden Drehachse umläuft, sowie eine die Vortriebseinrichtung teilweise umgebende Abdeckung umfasst, die mit der Vortriebseinrichtung einen beim Betrieb der Vortriebseinrichtung das Wasser fördernden Strömungskanal ausbildet.